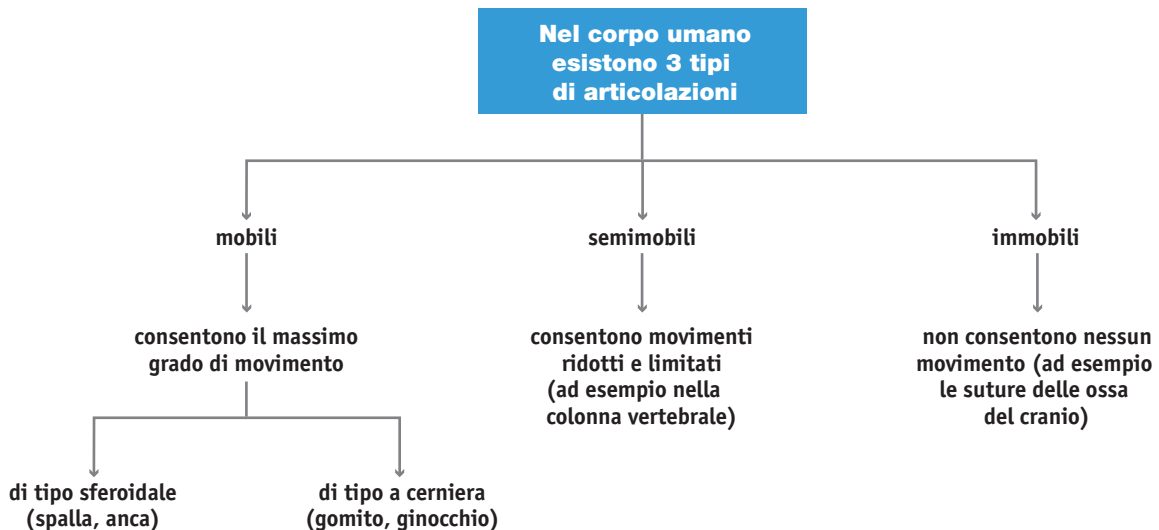
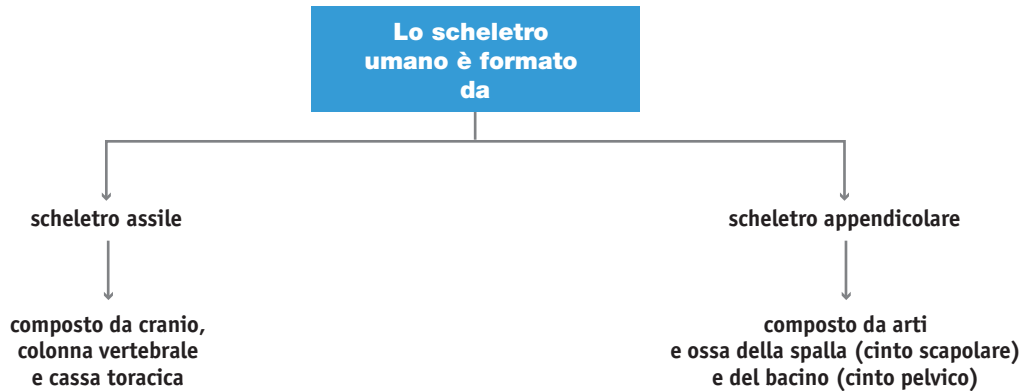
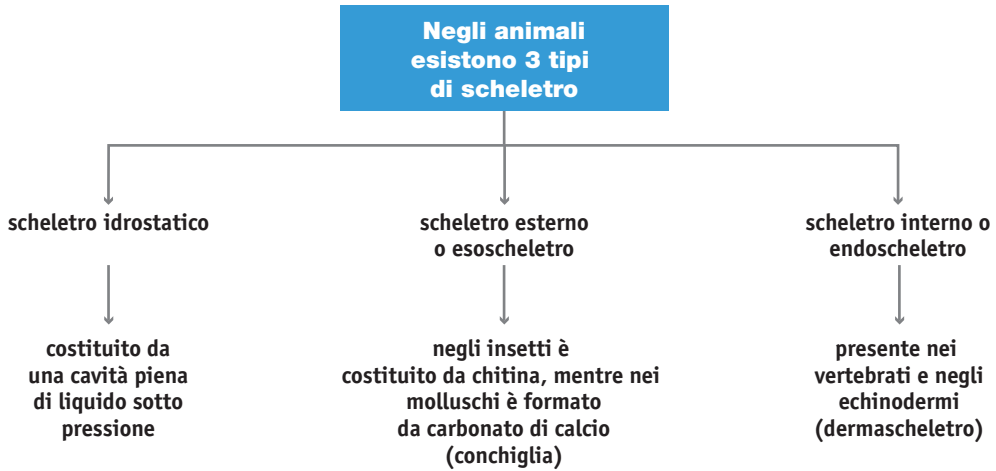


# UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento



## ■ Come si muovono gli animali

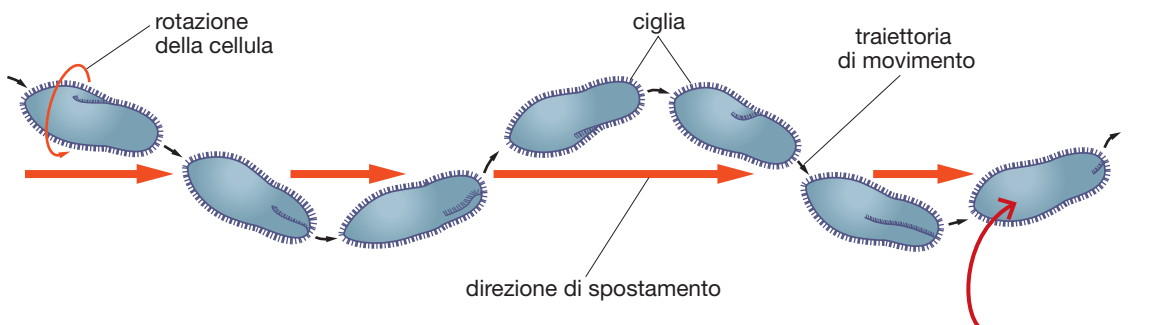
La capacità di movimento è una delle caratteristiche che distinguono gli animali dalle piante. Anche se esistono alcune specie animali – per esempio, i coralli – che vivono sempre nello stesso luogo e che hanno una capacità di movimento limitata ad alcune parti del corpo, la grande maggioranza degli animali è in grado di spostarsi attivamente da un luogo a un altro: è cioè dotata di **locomozione**.

La locomozione è necessaria per reperire l'acqua e il cibo, per sfuggire agli attacchi di un predatore o a un pericolo generico, per accoppiarsi e riprodursi e per molte altre funzioni vitali.

La locomozione richiede un dispendio energetico, in quanto per spostarsi l'animale deve vincere due forze fondamentali che tenderebbero a frenarlo: la forza di gravità e l'attrito. L'intensità di queste forze varia, anche in modo considerevole, a seconda dell'ambiente in cui l'organismo si trova.

La maggior parte degli organismi unicellulari non è dotata di un sistema di movimento e si limita a fluttuare nel fluido in cui vive, principalmente acqua o aria. Alcune specie però possiedono sistemi di movimento semplici ma efficienti: le amebe, pur non avendo strutture permanenti per la locomozione, sono in grado di effettuare spostamenti grazie all'emissione di **pseudopodi**, estensioni temporanee della cellula ottenute grazie al movimento del citoscheletro e alla flessibilità della membrana plasmatica.

I protozoi cigliati si muovono grazie alla presenza di **ciglia**, mentre i protozoi flagellati e alcune specie di alghe possiedono i **flagelli**.



I parameci si spostano muovendo le ciglia che li ricoprono, come un'onda che si propaga da un capo all'altro della cellula. Il battito coordinato delle ciglia genera un movimento a spirale della cellula su se stessa che produce un moto, anch'esso a spirale, lungo la direzione di spostamento.

Per gli animali che vivono in mare o nelle acque dolci la forza di gravità non rappresenta un problema. L'acqua ha una densità molto maggiore dell'aria e fornisce una *spinta idrostatica* che sostiene il corpo dell'animale. Proprio a causa della sua elevata densità, tuttavia, l'acqua oppone una notevole resistenza al movimento. La forma affusolata ed estremamente idrodinamica dei pesci, e in generale degli animali acquatici, è una soluzione utile a diminuire l'attrito dell'acqua.

Il **nuoto** viene messo in atto con soluzioni diverse: alcuni insetti nuotano in modo simile agli esseri umani, utilizzando le zampe come remi. La stessa cosa fanno le tartarughe marine. Nei calamari e in alcune meduse la propulsione è generata risucchiando l'acqua ed espellendola con forza dal corpo.

Spostarsi sulla terraferma crea problemi opposti a quelli determinati dallo spostamento in acqua. L'aria ha una densità piccola e oppone una scarsa resistenza allo spostamento, ma offre un sostegno molto limitato al corpo. Per gli animali che vivono sulla

## UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento

terraferma è pertanto necessario un **sistema di sostegno** in grado di resistere alla forza di gravità che tende a schiacciarli al suolo. Gli animali che saltano o corrono sono dotati di uno scheletro rigido e di un apparato muscolare potente.

La capacità di volare è una prerogativa di insetti, uccelli e, tra i mammiferi, soltanto dei pipistrelli. L'organo atto al volo è l'**ala**, la cui forma è simile in tutti gli animali che ne sono dotati. Il bordo anteriore è più spesso del bordo posteriore; inoltre la superficie superiore è convessa, mentre quella inferiore è piatta o concava. In ogni animale in grado di volare le ali hanno un'estensione tale da garantire la generazione di una spinta verso l'alto sufficiente a sollevare il corpo dell'animale.

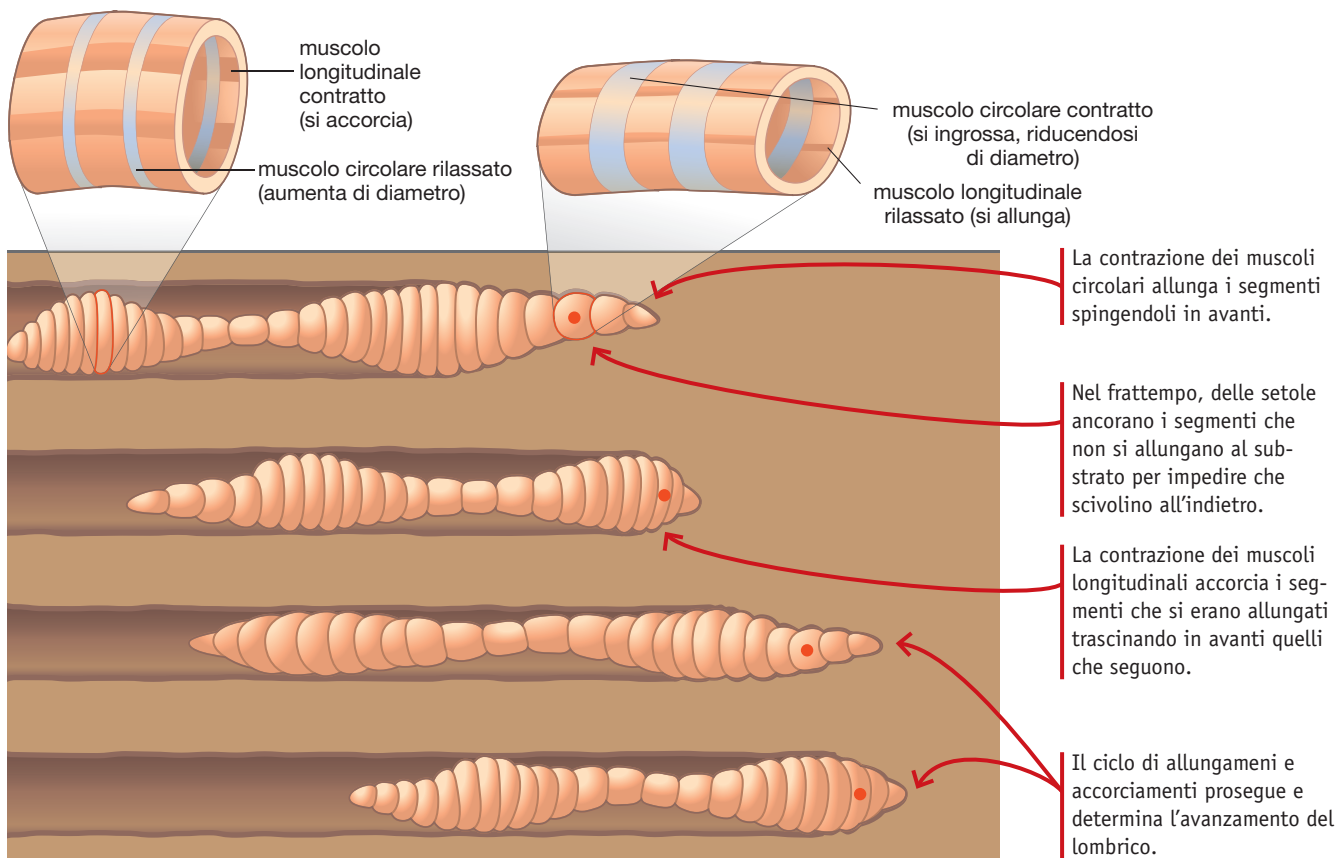
### Lo scheletro degli animali

Lo scheletro degli animali svolge diverse funzioni. Esso fornisce il necessario **sostegno** al corpo dell'animale; ciò è particolarmente importante per gli animali che vivono sulla terraferma, in quanto l'aria, avendo densità piccola, fornisce un sostegno minore di quello dato dall'acqua.

In secondo luogo lo scheletro ha funzione di **protezione**: alcune parti molli o delicate, come l'encefalo, il cuore e i polmoni, vengono protette da strutture rigide e resistenti agli urti quali il cranio e la gabbia toracica dei vertebrati.

Lo scheletro è inoltre conformato in maniera tale da favorire il **movimento**, in quanto i muscoli si inseriscono direttamente sulle ossa e le sfruttano come leve per generare il movimento di tutto il corpo o di alcune sue parti.

Negli esseri umani, e in generale nei vertebrati, le ossa svolgono infine una funzione di **riserva** per alcuni importanti sali inorganici quali il calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e lo ione fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).



Molti animali dotati di corpo molle e flessibile possiedono uno **scheletro idrostatico**, costituito da una cavità piena di liquido sotto pressione che conferisce forma al corpo, supporta i muscoli e ammortizza gli urti.

Esso è tipico degli animali acquatici o di animali terrestri che strisciano o scavano gallerie nel terreno.

Un gruppo di organismi dotati di un efficiente scheletro idrostatico è, ad esempio, quello dei lombrichi. I lombrichi possono muoversi grazie a un meccanismo di *peristalsi*, cioè contrazioni alternate dei muscoli circolari e di quelli longitudinali che circondano il celoma.

Moltissimi animali, sia acquatici sia terrestri, possiedono uno scheletro esterno chiamato **esoscheletro**.

Tutti gli artropodi – il gruppo che comprende insetti, crostacei, miriapodi e aracnidi – hanno un corpo racchiuso in questo involucro rigido, che offre sostegno e protezione.

L'esoscheletro degli artropodi costituisce una buona difesa dai predatori e una protezione contro la disidratazione. Esso è costituito principalmente da *chitina*, un polisaccaride con struttura complessa.

Anche la maggior parte dei molluschi possiede uno scheletro esterno, la **conchiglia**, formato da carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La conchiglia è molto rigida e non consente movimenti, ma ha il vantaggio di assecondare la crescita dell'animale, che non è costretto a effettuare la muta come avviene, invece, negli insetti.

I vertebrati non sono l'unico gruppo animale a possedere uno scheletro interno. Alcuni tipi di spugne hanno un corpo molle rinforzato da fibre rigide che formano una sorta di impalcatura. Queste fibre possono essere di origine organica, ad esempio proteine, oppure di natura inorganica, quali sali di calcio o silice, che formano strutture microscopiche appuntite dette **spicole**.

Gli echinodermi, il gruppo di animali che include anche i ricci e le stelle di mare, possiedono invece un guscio sottocutaneo rigido (*dermascheletro*) che contiene e protegge gli organi più importanti dell'organismo.

### ■ Lo scheletro dei vertebrati e degli esseri umani

Tutti i vertebrati hanno uno **scheletro assile**, che sostiene il tronco. Lo scheletro assile comprende il **cranio**, la **colonna vertebrale** e la **cassa toracica**, che contiene il cuore e i polmoni.

Salvo rare eccezioni (come i serpenti), i vertebrati possiedono degli **arti**, che si dipartono dal tronco. Gli arti e le ossa della spalla (cinto scapolare) e del bacino (cinto pelvico) formano lo **scheletro appendicolare**.

Nell'essere umano adulto l'apparato scheletrico è costituito in totale da 206 ossa: 80 per lo scheletro assile e 126 per quello appendicolare.

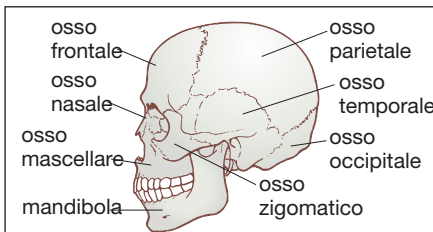
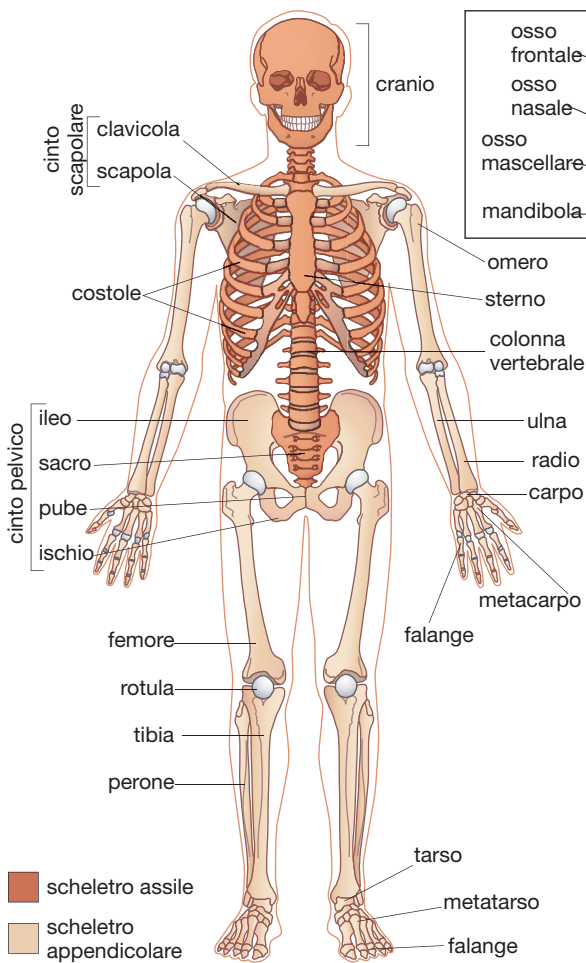
Il cranio è formato dalla scatola cranica e dalle ossa della faccia.

La **scatola cranica** contiene e protegge l'encefalo ed è costituita da ossa piatte, molto robuste, saldate tra loro. Lo scheletro della **faccia** è composto dalle ossa che formano il naso, gli zigomi, la mascella e la mandibola. La mandibola è l'unico osso del cranio in grado di muoversi.

Il cranio si articola con la **colonna vertebrale**, che rappresenta l'asse portante del corpo. La colonna vertebrale è formata da una serie di elementi detti **vertebre**. Tutte le vertebre presentano un *corpo vertebrale* e una parte sporgente, detta *arco vertebrale*. Tra il corpo e l'arco è presente un canale, il *foro vertebrale*, nel quale passa il midollo spi-

# UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento

nale. Le vertebre variano di forma e di dimensione sia tra specie diverse, sia all'interno della stessa specie, secondo la loro posizione nella colonna vertebrale.

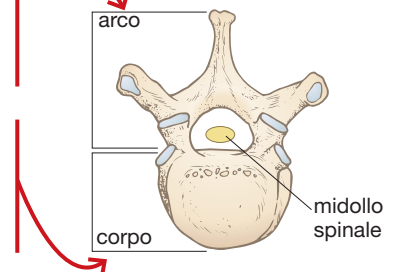
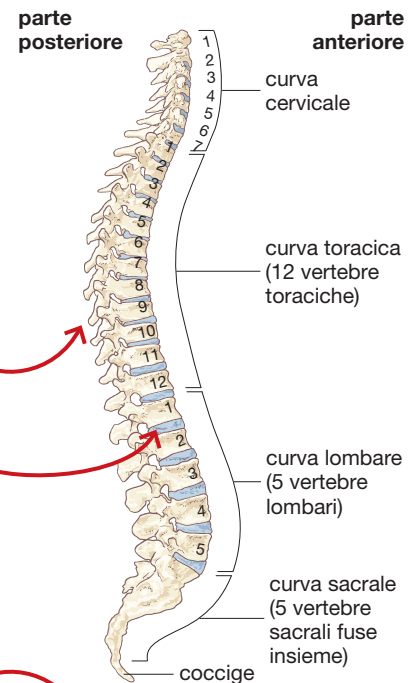


La **colonna vertebrale** è suddivisa in quattro regioni principali.

I **dischi intervertebrali** contribuiscono ad ammortizzare gli urti e a rendere flessibile la colonna vertebrale. Sono costituiti di tessuto cartilagineo.

L'**arco vertebrale** è la parte della vertebra che sporge posteriormente. Esso è formato da una serie di protuberanze che emergono dal corpo della vertebra e che permettono a due vertebre adiacenti di articolarsi.

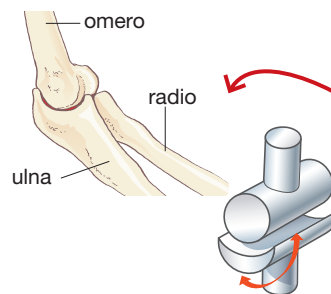
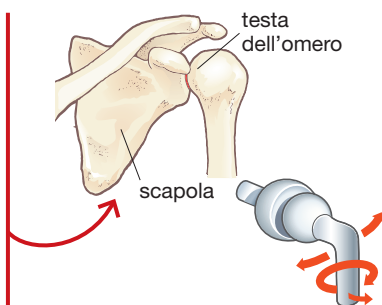
Il **corpo vertebrale** è la parte cilindrica della vertebra. Esso è situato nella parte anteriore della vertebra e ha il compito di sostenere il peso del corpo.



Le **articolazioni** hanno la funzione di collegare tra loro le ossa e di conferire allo scheletro la necessaria mobilità. Ciascun osso si articola almeno con un altro osso. Esistono diverse articolazioni, distinte a seconda del movimento che consentono.

1. Le **articolazioni mobili** sono il tipo di giunzione che consente il massimo grado di movimento.
2. Le **articolazioni semimobili** consentono movimenti molto ridotti.
3. Le **articolazioni immobili** sono presenti tra le ossa del cranio, nel quale le ossa adiacenti sono saldate tra loro e non è possibile alcun movimento.

Le articolazioni della spalla e dell'anca sono **articolazioni mobili** di tipo sferoidale. Esse sono costituite da un osso con estremità a sfera, rispettivamente l'omero e il femore, che ruota all'interno di un alloggiamento concavo. Il loro grado di movimento è massimo e il meccanismo è simile a quello di un joystick.



Anche le articolazioni del gomito e del ginocchio sono **articolazioni mobili** del tipo a cerniera e consentono la rotazione rispetto a un solo asse. Il loro grado di movimento è inferiore rispetto alle articolazioni sferoidali e il meccanismo è simile a quello dei cardini di una finestra.

## UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento

Lo scheletro umano presenta alcune particolarità. La caratteristica che ci rende unici tra i vertebrati è la **stazione eretta**.

La postura su due gambe, anziché su quattro, ha causato cambiamenti dell'anatomia del cranio, della colonna vertebrale e del cinto pelvico.

Le dimensioni delle ossa variano notevolmente e ciascun osso possiede una forma peculiare, perfettamente adattata alle funzioni che deve svolgere.

Si distinguono tre tipi di ossa:

- le **ossa lunghe** (tutte le ossa degli arti, tranne quelle del polso e della caviglia);
- le **ossa brevi** (quelle del polso e della caviglia);
- le **ossa piatte**, a forma di lamina (come le ossa del cranio, la scapola della spalla e lo sterno).

Le ossa che non possono venire inserite in una di queste tre categorie, non avendo alcun elemento morfologico dominante, vengono definite **ossa irregolari**: sono ossa irregolari le vertebre e quelle del bacino.

### ■ Come sono fatte le ossa

A una prima osservazione, può sembrare che le ossa siano costituite esclusivamente da **sali minerali**. In realtà esse sono formate da tessuti «vivi» e sono attraversate da numerose **fibre nervose** e **vasi sanguigni**.

Nelle ossa lunghe la parte centrale – la **diafisi** – è cava ed è costituita da un tessuto osseo molto denso e compatto. Nel canale che percorre la diafisi si trova il **midollo osseo giallo**, formato da tessuto adiposo.

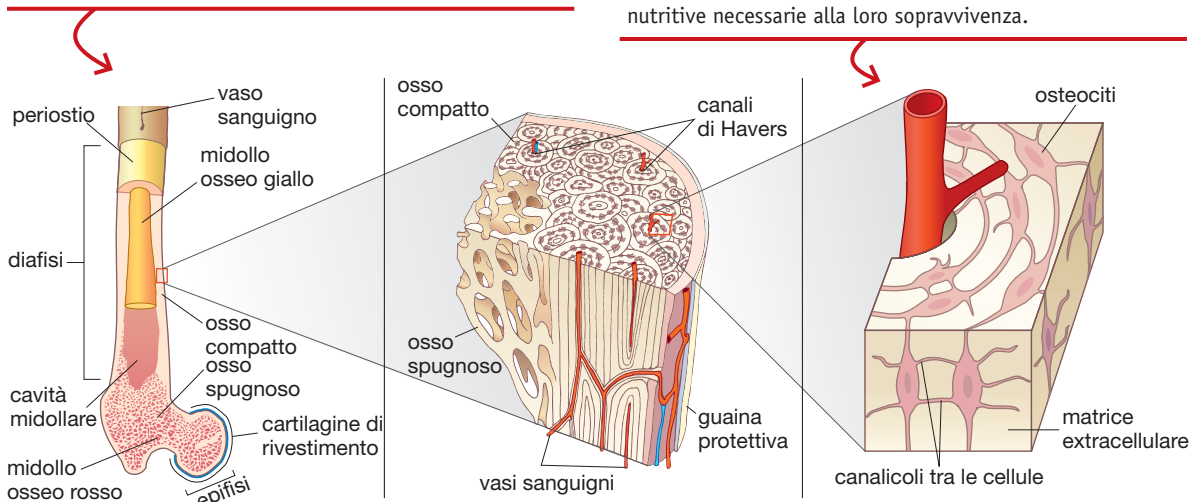
Le due protuberanze all'estremità dell'osso sono chiamate **epifisi** e sono costituite da un tessuto osseo spugnoso, meno denso di quello compatto e attraversato da numerose piccole cavità. Queste cavità contengono il tessuto che produce le cellule del sangue: il **midollo osseo rosso**.

Il tessuto osseo è un tessuto connettivo prodotto dagli **osteoblasti**, cellule ramificate disposte intorno a microscopici canali, detti **canali di Havers**. Gli osteoblasti sono le cellule «costruttrici» dell'osso, perché secernono la *matrice extracellulare*.

La superficie esterna delle ossa è rivestita da un tessuto connettivo detto **periostio**. In corrispondenza delle estremità esso lascia spazio a dei sottili strati di cartilagine che permettono di ridurre l'attrito provocato dallo sfregamento delle ossa nell'articolazione.

La struttura formata da un canale di Havers, dagli osteociti e dalle lamelle concentriche è l'unità funzionale del tessuto osseo e viene chiamata **osteone**.

Ciascun **canale di Havers** è percorso da fibre nervose e da vasi sanguigni che portano agli osteoblasti le sostanze nutritive necessarie alla loro sopravvivenza.



Rimanendo intrappolati in essa, gli osteblasti diventano **osteociti** (cellule ossee mature). La matrice extracellulare dell'osso è composta da fibre di collagene e altre sostanze organiche, impregnate di sali di calcio, che formano delle lamelle concentriche. Queste lamelle, che circondano i canali di Havers, rendono robusto e resistente l'osso.

Le articolazioni sono rivestite da **cartilagini**, formate da un tessuto connettivo costituito da fibre di una proteina resistente, il *collagene*, immerse in una matrice elastica. Il nostro scheletro inizia a costituirsi circa un mese dopo il concepimento. Esso si origina con un processo di **ossificazione** in cui lo scheletro embrionale, costituito da tessuto fibroso e da tessuto cartilagineo, funziona da modello.

Nonostante la loro resistenza, può capitare che le ossa dello scheletro si rompano. Le **fratture** sono dovute, nei giovani, a traumi violenti, mentre durante la vecchiaia sono causate soprattutto dall'indebolimento cui le ossa vanno incontro.

Perché una frattura si risani è necessario, per prima cosa, che i frammenti spezzati vengano riallineati nella loro posizione originaria: questo processo viene chiamato *riduzione* della frattura e può avvenire con manovre manuali o a seguito di un intervento chirurgico. L'organismo avvia subito il processo di riparazione, che dura da sei a otto settimane. Nel processo di riparazione è possibile individuare quattro fasi principali.

1. Quando un osso si frattura, si assiste alla rottura di alcuni capillari che causano un accumulo di sangue e provocano la formazione di un **ematoma**; subito dopo inizia la riparazione dei tessuti danneggiati tramite la formazione di nuovi capillari sanguigni.
2. Intorno alla frattura si crea un **callo fibrocartilagineo** che immobilizza i due frammenti di osso spezzati; il callo è costituito da tessuti cartilaginei e da abbozzi di matrice ossea.
3. Nella stessa zona migrano e proliferano degli osteoblasti, i quali danno origine al **callo osseo**: una struttura di tessuto osseo, spugnoso, che salda i due monconi.
4. Con la ripresa della normale attività, l'osso – ora nella fase di **rimodellamento** – continua a rinforzarsi, fino alla formazione di un tessuto osseo stabile e robusto.

### ■ I muscoli

Il tessuto muscolare è il tessuto più abbondante del corpo dei vertebrati.

Sebbene in tutti questi animali esistano tre tipi fondamentali di tessuto muscolare (scheletrico, liscio e cardiaco), quando ci si riferisce all'**apparato muscolare** si intende l'insieme di tutti i *muscoli scheletrici*, cioè i muscoli connessi con lo scheletro osseo.

La funzione fondamentale della muscolatura è quella di generare il movimento e di mantenere la postura del corpo. Tale funzione viene assolta grazie alla capacità che i muscoli hanno di compiere la **contrazione**, cioè di accorciarsi.

È questa proprietà dell'**apparato muscolare** a permettere ai vertebrati di muovere alcune parti del corpo. Grazie all'interazione tra i muscoli e l'apparato scheletrico possiamo camminare, sorridere, parlare ecc.

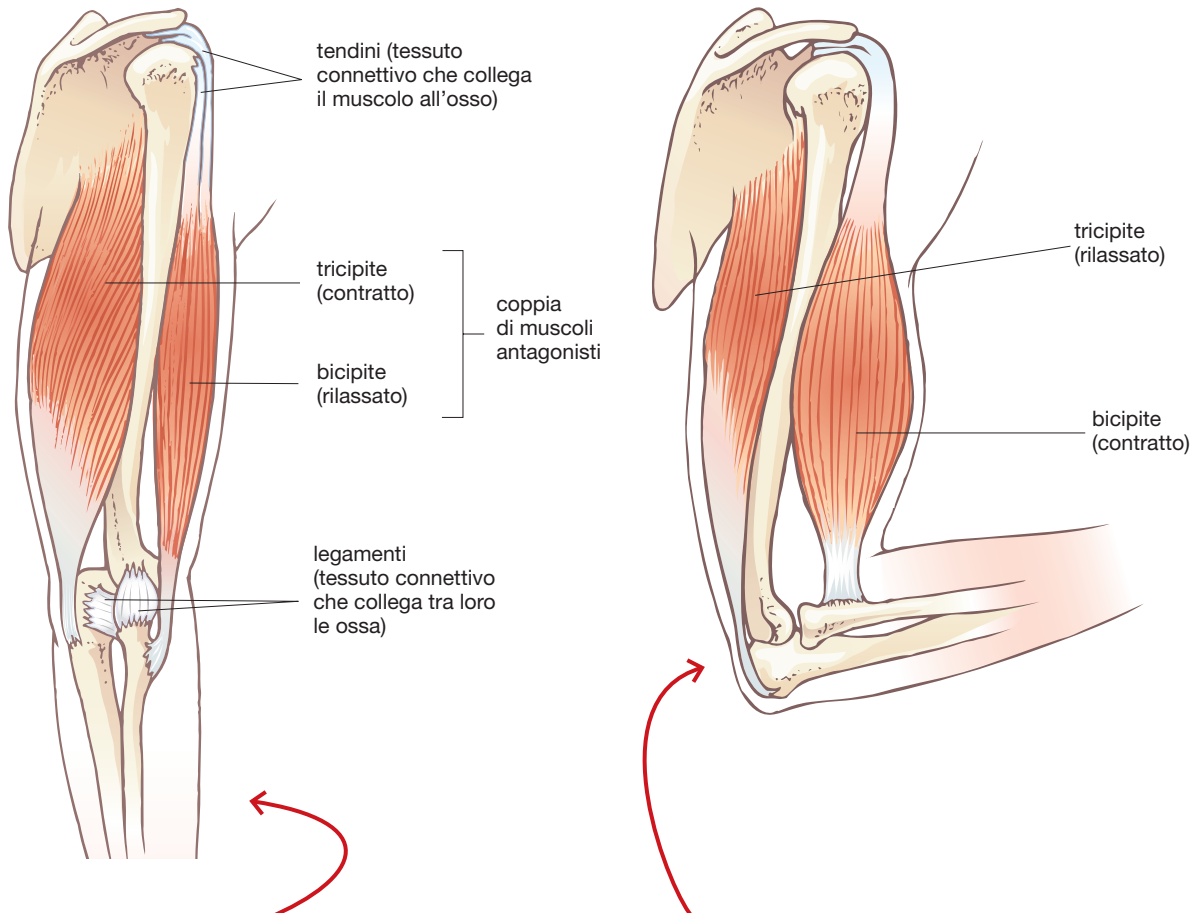
Una funzione accessoria dei muscoli, ma ugualmente molto importante, è la *produzione di calore*, che consente di mantenere costante la temperatura del corpo. Circa tre quarti dell'energia spesa a livello dei muscoli viene infatti dispersa in forma di calore.

I muscoli scheletrici si inseriscono sulle ossa in punti specifici, per mezzo dei **tendini**, fasci di tessuto connettivo fibroso. Essi costituiscono un prolungamento del rivestimento delle masse muscolari.

I **legamenti** invece sono lembi di tessuto connettivo che collegano le ossa tra loro, regolando il movimento delle ossa stesse nell'articolazione.

## UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento

Gli animali muovono i propri arti – e più in generale le parti del loro corpo – tramite l'azione di coppie di muscoli detti **muscoli antagonisti**. Il meccanismo alla base di questa azione è la capacità di accorciarsi del tessuto muscolare, che viene stimolato dai neuroni motori.



**A** Se il braccio viene disteso, il bicipite è rilassato mentre il tricipite si contrae per provocare il movimento dell'avantbraccio (la parte tra gomito e polso).

**B** Quando il braccio viene piegato, invece, il bicipite si contrae (lo si vede perché è rigonfio) e attraverso i tendini «tira» l'osso, mentre il tricipite è rilassato e allungato.

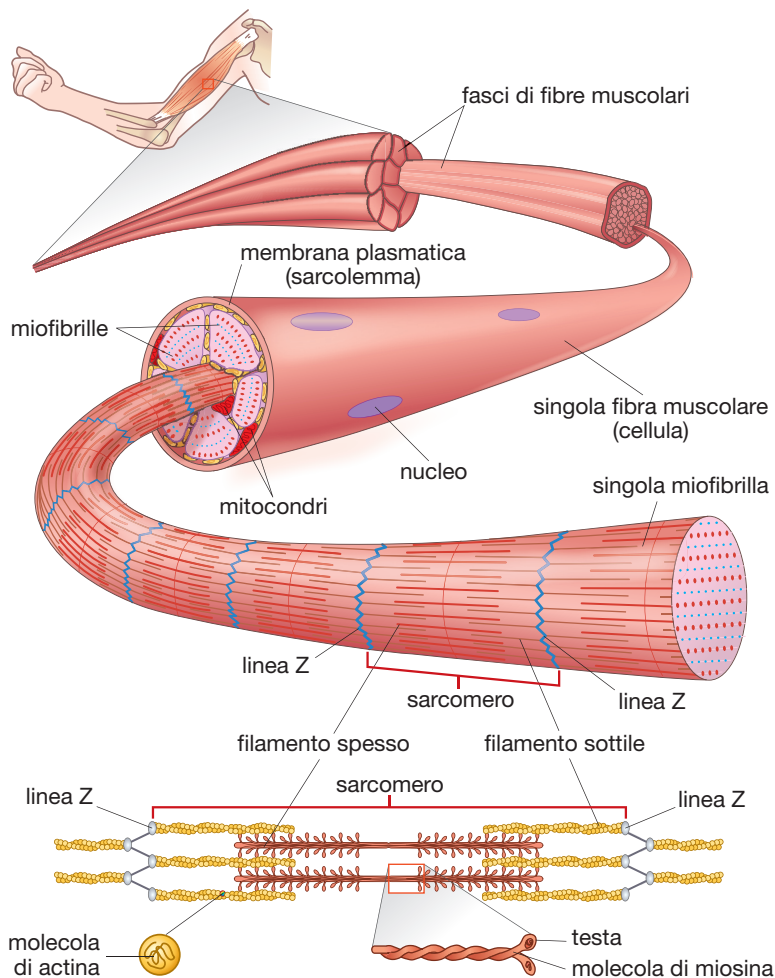
I muscoli scheletrici sono costituiti da **fibre muscolari** che al microscopio rivelano un'organizzazione a sottili filamenti paralleli. Una fibra è costituita da una singola cellula, dotata di più nuclei.

A sua volta la cellula contiene un fascio di **miofibrille**, caratterizzate da bande alternate di colore chiaro e scuro. Questa alternanza fa sì che al microscopio i muscoli scheletrici appaiano a strisce, da cui il nome di *muscolatura striata*. A metà delle bande chiare si individua una sottile linea scura detta **linea Z**. La zona compresa tra due linee Z, che include mezza banda chiara, un'intera banda scura e un'altra mezza banda chiara, è l'unità funzionale del muscolo: il **sarcomero**.

Il microscopio elettronico rivela che la struttura di una miofibrilla è costituita da un'alternanza regolare di *filamenti proteici sottili* – **actina** – e di *filamenti proteici spessi* – **miosina** – legati tra loro.

A livello microscopico, la contrazione e di conseguenza l'accorciamento dei muscoli striati è spiegabile grazie alla teoria dello **scorrimento dei filamenti**.





L'accorciamento muscolare avviene in quanto i filamenti sottili scorrono lungo i filamenti spessi. Al massimo della contrazione le linee Z risultano più vicine tra loro, senza che alcuno dei filamenti abbia cambiato la propria lunghezza.

Ciò avviene perché le molecole di miosina si agganciano a quelle di actina, formando dei ponti temporanei.

## ■ Il sostegno e l'ancoraggio al suolo nelle piante

Le piante terrestri hanno la necessità di ancorarsi saldamente al suolo e di spingere le foglie più in alto possibile per poter catturare la luce necessaria alla fotosintesi.

La **radice** è l'organo che, oltre ad assorbire acqua dal terreno, fissa la pianta; essa è la prima struttura che si forma dopo la germinazione del seme. Esistono due tipi fondamentali di radice.

1. La **radice a fittone** è formata da un asse principale dal quale si dipartono i peli radicali. Essa rappresenta il prolungamento sotto terra del fusto aereo.

2. La **radice fascicolata** è formata da una serie di radici molto ramificate, che si inseriscono nel terreno dalla base del fusto.

Il **fusto** è la parte della pianta che, grazie alla sua lunghezza, permette di innalzare la chioma in direzione verticale.

Le piante erbacee, che sostengono il peso di poche foglie, hanno un fusto esile e privo di legno. Il fusto degli alberi invece è formato principalmente dal **legno**, un

## UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento

tessuto rigido e resistente costituito dalla parete cellulare delle cellule dello xilema secondario. Queste cellule hanno vita molto breve e subito dopo la loro formazione perdono il citoplasma.

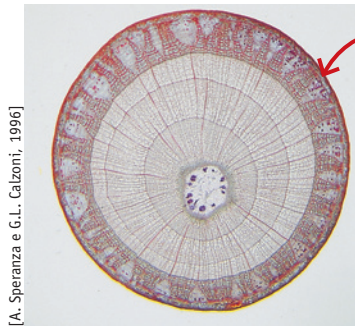
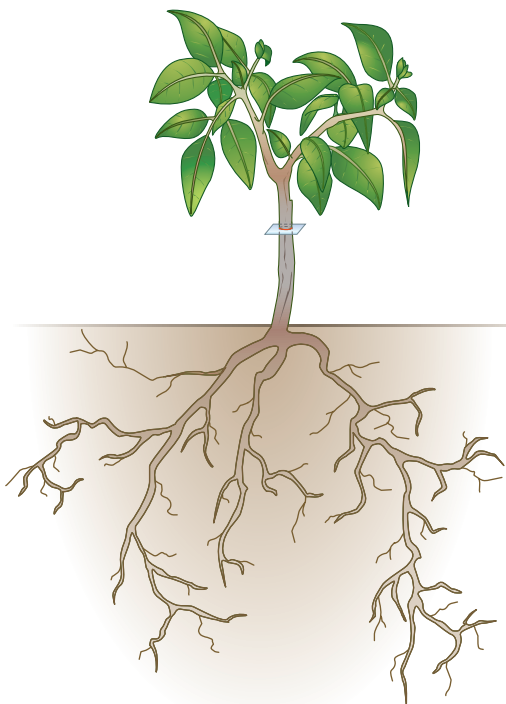
La parte più esterna della parete vegetale è costituita dalla **lamella mediana**, un sottile strato adesivo che tiene unite le cellule vegetali adiacenti.

In seguito la cellula costruisce la **parete cellulare primaria**, composta da *cellulosa* e altre sostanze organiche. Essa è dotata di una certa flessibilità e può espandersi. La cellulosa forma fibre lunghe e resistenti, le microfibrille, le quali costituiscono l'«armatura» che rende robusta la parete.

In molti tipi di cellule vegetali adulte, oltre alla parete cellulare primaria, è presente una **parete cellulare secondaria**, che viene deposta tra la membrana plasmatica e la parete primaria dopo che la cellula ha completato l'accrescimento cellulare. Quella secondaria diventa la parte preponderante dell'intera parete, ed è molto resistente in quanto contiene particolari polisaccaridi, tra cui la *lignina*. Questa sostanza riempie gli spazi vuoti tra le fibre di cellulosa, conferendo notevole durezza e rigidità alla parete secondaria, che, al contrario di quella primaria, non può espandersi.

Se si taglia trasversalmente il tronco di una conifera cresciuta in una regione a clima temperato, si nota che esso è formato da **anelli di accrescimento** concentrici. Ciascun anello corrisponde all'accrescimento annuale della pianta ed è composto da due strati di legno con caratteristiche differenti che corrispondono a stagioni diverse (*legno primaverile* e *legno tardivo*).

Gli anelli annuali sono presenti in tutti gli alberi che vanno incontro ad un periodo di **quiescenza**, in cui la crescita si interrompe durante l'inverno.

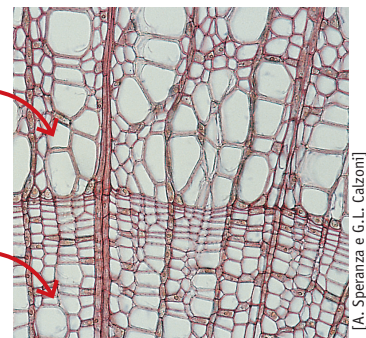


[A. Speranza e G.L. Calzoni, 1996]

Un anello di accrescimento corrisponde alla produzione di legno annuale in quanto, al termine della stagione favorevole, l'attività del cambio si interrompe. Durante l'inverno non avviene la fotosintesi e pertanto non si assiste alla produzione di nuove cellule. L'albero vegeta fino alla successiva primavera, quando ricomincia a crescere producendo nuovo legno primaverile.

Il **legno primaverile**, più chiaro, viene prodotto durante la primavera e l'inizio dell'estate quando il cambio vascolare produce delle cellule con parete sottile e lume ampio.

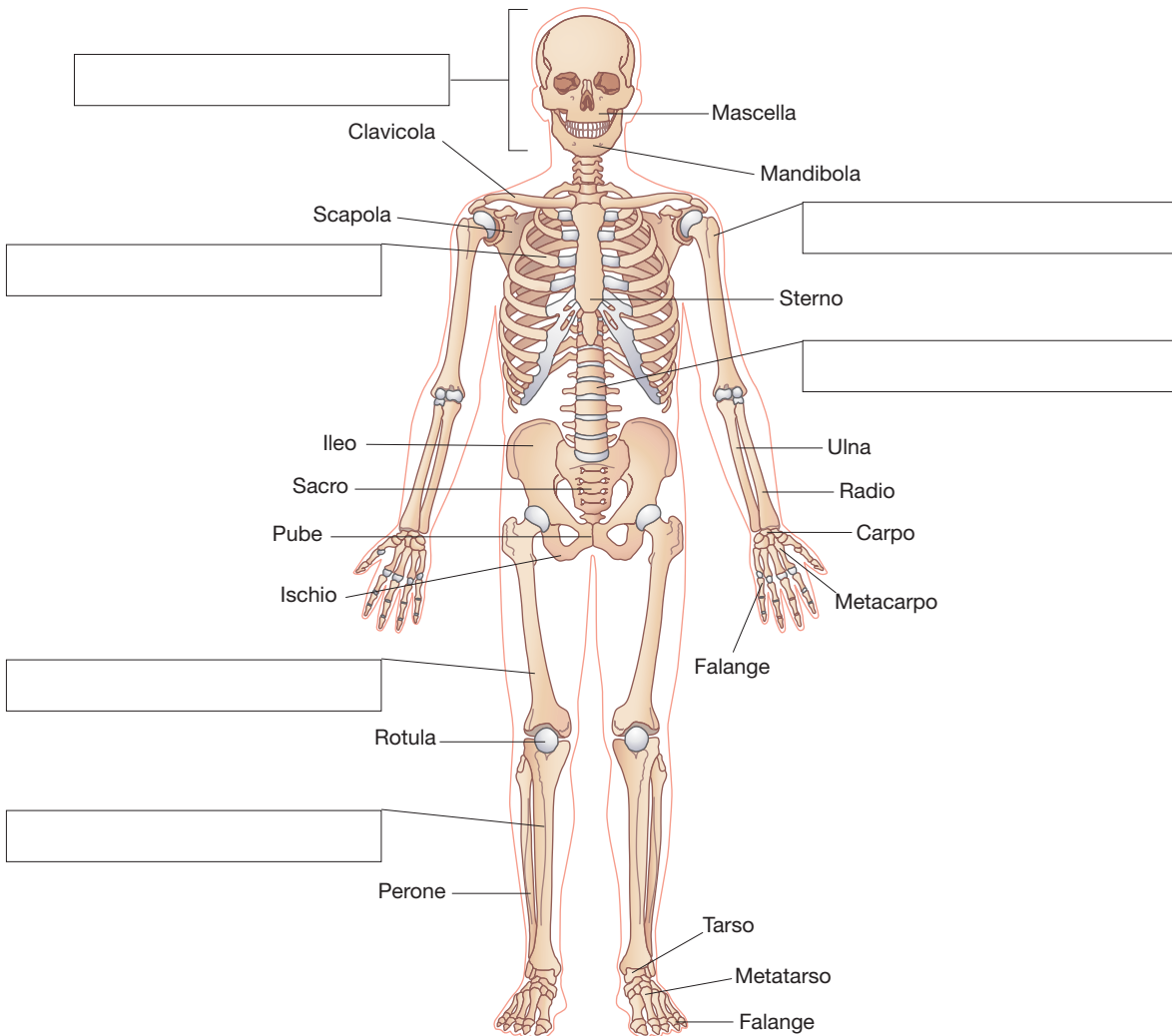
Il **legno tardivo**, che in genere è più scuro, viene costruito al termine dell'estate e all'inizio dell'autunno quando il cambio produce delle cellule con parete spessa e lume ridotto.



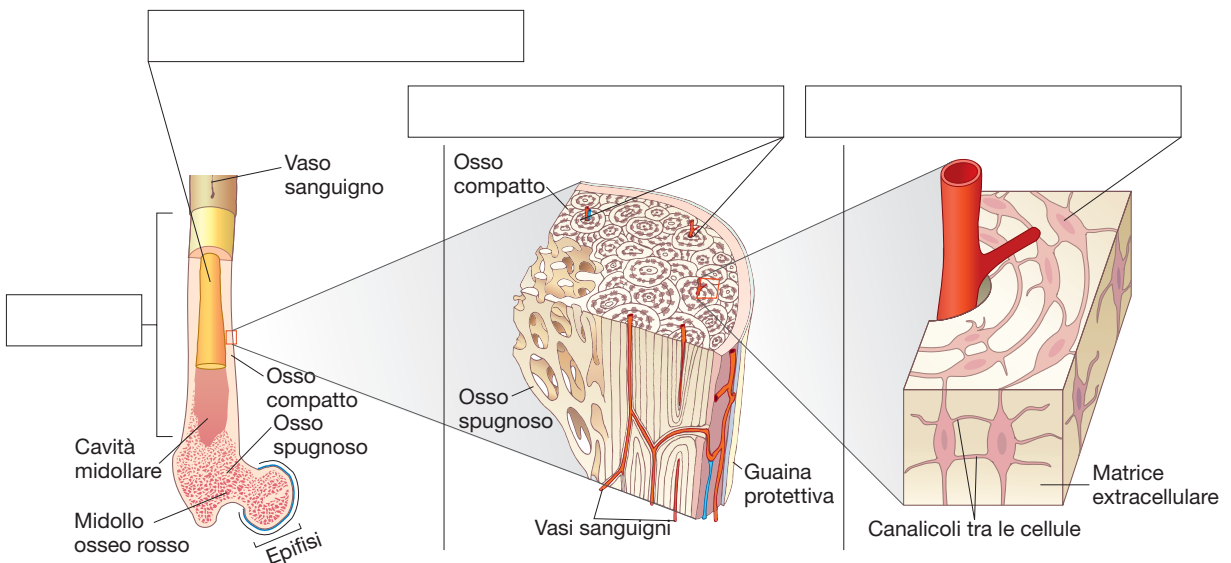
[A. Speranza e G.L. Calzoni]

# UNITÀ 12. Il sostegno e il movimento

**1** Completa la figura inserendo il nome delle diverse parti dello scheletro.



**2** Completa la figura inserendo il nome delle diverse strutture di un osso.



## 3 Completa le seguenti frasi scegliendo i termini corretti tra quelli indicati nei corrispondenti riquadri.

A. Molti animali acquatici e terrestri possiedono un ....., cioè uno scheletro esterno rigido che offre ..... e .....

endoscheletro, esoscheletro, scheletro idrostatico, sostegno, movimento, protezione, riserva

B. Il ..... si articola sulla ....., che rappresenta l'asse portante del corpo dei vertebrati ed è formata da una serie di elementi detti .....

Cranio, corpo vertebrale, colonna vertebrale, vertebre, mandibola, articolazioni

C. Le estremità dell'osso sono dette ..... e sono costituite da un tessuto osseo spugnoso attraversato da numerose piccole cavità che contengono il ....., il tessuto che produce le cellule del sangue.

Epifisi, diafisi, midollo osseo rosso, midollo osseo giallo, canale di Havers

D. I muscoli ..... si inseriscono sulle ossa per mezzo dei ....., cioè dei fasci fibrosi di tessuto ..... che si prolungano dai muscoli e vanno ad attaccarsi a determinati punti delle ossa.

Scheletrici, viscerali, legamenti, tendini, sarcomeri, connettivo, adiposo, muscolare

E. Il ..... è l'organo della pianta che consente di innalzare la chioma in direzione verticale. Gli alberi hanno un fusto ..... che consente di sostenere il peso di migliaia di foglie e di portarle lontano dall'asse della pianta per esporle più efficacemente alla .....

Fusto, radice, frutto, legnoso, a fittone, luce, acqua

F. Il legno chiaro viene detto legno ..... ed è caratterizzato da cellule con parete ..... e con lume .....

Tardivo, primaverile, sottile, spesso, piccolo, ampio